

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 octobre 2004 (28.10.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/092555 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : F01N 11/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/000908

(22) Date de dépôt international : 13 avril 2004 (13.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/04559 11 avril 2003 (11.04.2003) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
RENAULT S.A.S [FR/FR]; 13-15, Quai Alphonse Le  
Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR). RENAULT  
S.A.S [FR/FR]; 13-15, Quai Alphonse Le Gallo, F-92100  
Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BARRIL-  
LON, Pascal [FR/FR]; 41, rue Jean-Pierre Timbaud,

F-92130 Issy-Les-Moulineaux (FR). TRICHARD,  
Jean-Michel [FR/FR]; 26, rue du Fortin, F-78180 Mon-  
tigny-le-Bretonneux (FR).

(74) Mandataire : ROUGEMONT, Bernard; Renault Tech-  
nocentre, Service 0267 - TCR GRA 1 55, 1, avenue du Golf,  
F-78288 Guyancourt (FR).

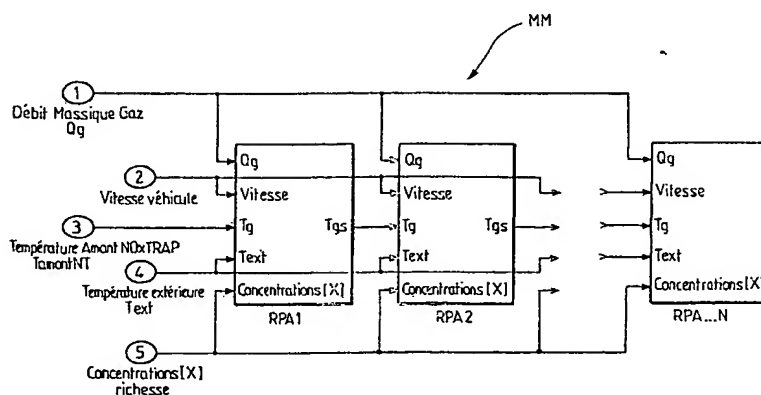
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), curasien

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING THE THERMAL STATE OF A CATALYTIC NITROGEN OXIDE  
TRAP INSTALLED IN THE EXHAUST SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Titre : PROCÉDE ET DISPOSITIF D'ESTIMATION DE L'ÉTAT THERMIQUE D'UN PIÈGE CATALYTIQUE A OXYDES  
D'AZOTE IMPLANTÉ DANS LA LIGNE D'ÉCHAPPEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE



1:- GAS MASS FLOW

2:- VEHICLE SPEED

3:- TEMPERATURE UPSTREAM OF NOX TRAP

4:- EXTERNAL TEMPERATURE

5:- RICHNESS CONCENTRATION

RPA1, 2 AND N:- VITESSE:- SPEED

(57) Abstract: The invention relates to a method for estimation by means of a physical model, of the thermal state of a catalytic nitrogen oxide trap, installed in the exhaust system of an internal combustion engine, comprising a modelling of the catalytic trap using a chain of perfectly stirred reactors RPAi connected in series and, for a current reactor in said chain, a calculation of the temperature of the substrate T<sub>s</sub> of the catalytic trap and the temperature of the gases T<sub>g</sub> within and at the outlet from said reactor, using at least the temperature and the mass flow of the gases upstream of the reactor.

[Suite sur la page suivante]



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Le procédé d'estimation par modèle physique embarqué de l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne, comporte une modélisation du piège catalytique par une chaîne de réacteurs parfaitement agités RPAi connectés en série, et, pour un réacteur courant de la chaîne, un calcul de la température du substrat T<sub>s</sub> du piège catalytique ainsi que de la température des gaz T<sub>gs</sub> au sein et à la sortie de ce réacteur, à partir au moins de la température des gaz et du débit massique des gaz en amont du réacteur.

Procédé et dispositif d'estimation de l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne.

5

L'invention concerne l'estimation de l'état thermique d'un piège à oxydes d'azote, ou NOx, implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne, et plus particulièrement la modélisation du champ thermique longitudinal d'un tel piège ou catalyseur implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne fonctionnant en mélange pauvre et dont la régénération est effectuée périodiquement.

Les moteurs à combustion interne produisent des gaz d'échappement qui contiennent des substances polluantes réglementées, telles que les oxydes d'azote NOx, les hydrocarbures imbrûlés HC, le monoxyde de carbone CO et les particules qu'il est nécessaire de traiter.

Les seuils admis pour les émissions de gaz polluants des véhicules automobiles sont régulièrement revus à la baisse dans le cadre de l'évolution de réglementation sur la dépollution.

Pour répondre aux émissions des hydrocarbures imbrûlés, du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote et des particules, on place dans la ligne d'échappement des systèmes de traitement continus, tels que des catalyseurs d'oxydation pour traiter les hydrocarbures imbrûlés et le monoxyde de carbone, ou périodiques, tels que les filtres à particules ou les pièges catalytiques à oxydes d'azote.

Ces systèmes périodiques alternent les phases de stockage des polluants et des phases de régénération des pièges, c'est-à-dire de conversion des polluants stockés en substances non polluantes.

Le piège catalytique à oxydes d'azote, ou plus simplement catalyseur, est un monolithe percé de canaux ouverts à leurs deux extrémités afin de permettre le passage des gaz d'échappement.

5 Ce support est aussi désigné par le terme « substrat » dans la suite du texte. Les canaux sont couverts par une structure poreuse appelée « washcoat » qui présente une grande surface de contact avec les gaz. Sur ce washcoat, sont disposés des métaux précieux (ex. : platine, rhodium) et des métaux alcalins (ex. : césium) ou alcalino-terreux (ex. : baryum) qui présentent des propriétés catalytiques  
10 d'adsorption.

L'invention vise à résoudre le problème de l'estimation et du contrôle de la thermique au sein du catalyseur. En effet, il a été observé que ces paramètres influent directement sur les efficacités de stockage et de régénération du piège, sur les quantités associées  
15 d'oxydes d'azote stockés ou réduits, et sur le vieillissement thermique du substrat, du washcoat et de la phase catalytique.

L'utilisation de sondes de température au sein du piège à oxydes d'azote est relativement compliquée et financièrement rédhibitoire pour des véhicules produits en grandes séries. En effet, au  
20 coût unitaire de chaque sonde se rajoute un coût dû à l'augmentation du nombre d'entrées sur le calculateur de contrôle moteur, et un coût pour les étages matériels et logiciels associés.

De plus, à l'heure actuelle, on ne dispose pas de procédé fiable (ou peu onéreux) permettant de connaître les efficacités de stockage et de réduction du piège et les quantités d'oxydes d'azote stockés ou  
25 réduits associés. La connaissance de la thermique au sein du piège catalytique peut permettre de les estimer.

Par ailleurs, la température des gaz en amont du piège n'est pas représentative de l'état thermique du substrat, car en particulier

l'inertie thermique du piège et l'exothermicité des relations thermiques ont une influence non négligeable.

L'invention a également pour but d'utiliser un estimateur par modèle physique embarqué dans le calculateur de la thermique du piège à oxydes d'azote afin d'estimer le vieillissement thermique du substrat, du washcoat et de la phase catalytique.

L'invention a également pour but de connaître la ou les températures les plus pertinentes pour l'estimation des efficacités de stockage et de réduction des quantités d'oxydes d'azote associées, et pour la protection du piège et l'estimation de son vieillissement thermique, car la forte capacité calorifique du substrat induit de forts gradients thermiques au sein du piège.

Ainsi, le modèle thermique selon l'invention permet de connaître le champ thermique longitudinal du support ou substrat de la phase catalytique du piège à oxydes d'azote. C'est un modèle physique unidimensionnel pour lequel on discrétise la géométrie du piège suivant sa longueur en un faible nombre de réacteurs parfaitement agités successifs.

Dans sa forme la plus simple, le modèle donne pour chaque réacteur la température du substrat à partir de la connaissance de la température et du débit des gaz en amont du piège.

Par ailleurs, il simule les échanges de chaleur par convection, prenant ainsi en compte son inertie thermique.

En variante, les échanges de chaleur par convection avec l'air ambiant autour du piège peuvent être pris en compte à partir de la connaissance de la vitesse du véhicule et de la température de l'air extérieur ou de l'air sous le capot moteur.

Dans une forme particulièrement élaborée, l'invention peut également prendre en compte l'exothermicité due aux réactions de

conversion des gaz sur la phase catalytique à partir de la connaissance des débits des substances gazeuses en cause.

Quelle que soit la variante utilisée, le modèle selon l'invention est un modèle en cascade où chaque réacteur utilise en entrée la température calculée dans le réacteur précédent.

En d'autres termes, l'invention telle que revendiquée propose tout d'abord un procédé d'estimation par modèle physique embarqué de l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne. Ce procédé comporte une modélisation du piège catalytique par une chaîne de réacteurs parfaitement agités, connectés en série. Par ailleurs, pour chaque réacteur courant de la chaîne, on calcule la température du substrat du piège catalytique ainsi que la température des gaz de la sortie de ce réacteur, à partir au moins de la température des gaz et du débit massique des gaz en amont du réacteur.

Le nombre de réacteurs est de préférence inférieur à 10, par exemple supérieur ou égal à 3 et inférieur ou égal à 6.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, on simule à l'intérieur de chaque réacteur les échanges thermiques par convection en prenant en compte l'inertie thermique du réacteur.

On peut également prendre en compte les échanges de chaleur par convection avec l'air ambiant autour du piège catalytique à partir de la connaissance de la vitesse du véhicule incorporant le moteur et de la température de l'air extérieur ou de l'air sous le capot moteur.

On peut également prendre en compte l'influence de la variation de la pression des gaz au sein de la ligne d'échappement.

On peut encore prendre en compte l'exothermicité due aux réactions de conversion des gaz sur la phase catalytique, à partir de la connaissance des concentrations des substances gazeuses en cause.

Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, pour le réacteur courant, on calcule les enthalpies de réaction, on estime les vitesses des réactions chimiques, on résout le système d'équations différentielles constitué des bilans matière pour les espèces gazeuses et des bilans thermiques pour les gaz et pour le substrat, de façon à  
5 obtenir la température des gaz en sortie du réacteur, cette température de sortie devenant une variable d'entrée pour le réacteur suivant de la chaîne.

L'invention a également pour objet un dispositif d'estimation  
10 par modèle physique embarqué de l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, comportant une chaîne de réacteurs parfaitement agités connectés en série modélisant le piège catalytique, et, des moyens de traitement embarqués sur le  
15 véhicule et aptes pour un réacteur courant de la chaîne, à calculer la température du substrat du piège catalytique ainsi que la température des gaz à la sortie de ce réacteur, à partir au moins de la température des gaz et du débit massique des gaz en amont du réacteur.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de  
20 traitement sont aptes à simuler à l'intérieur de chaque réacteur les échanges thermiques par convection en prenant en compte l'inertie thermique du réacteur.

Les moyens de traitement peuvent être également aptes à  
25 prendre en compte les échanges de chaleur par convection avec l'air ambiant autour du piège catalytique à partir de la connaissance de la vitesse du véhicule incorporant le moteur et de la température de l'air extérieur ou de l'air sous le capot moteur.

Les moyens de traitement peuvent être également aptes à prendre en compte l'influence de la variation de la pression des gaz au sein de la ligne d'échappement.

5 Les moyens de traitement peuvent encore être aptes à prendre en compte l'exothermicité due aux réactions de la conversion des gaz sur la phase catalytique, à partir de la connaissance des concentrations des substances gazeuses en cause.

10 Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens de traitement sont aptes, pour le réacteur courant, à calculer les enthalpies de réaction, à estimer les vitesses des réactions chimiques, à résoudre le système d'équation différentielle constitué des bilans matière pour les espèces gazeuses et des bilans thermiques pour les gaz et pour le substrat, de façon à obtenir la température des gaz en sortie du réacteur, cette température de sortie devenant une variable  
15 d'entrée pour le réacteur suivant de la chaîne.

Le dispositif comporte avantageusement un calculateur embarqué incorporant les moyens de traitement.

20 Le dispositif peut être utilisé pour estimer l'efficacité de stockage et de régénération du piège ou pour estimer la dégradation des performances de réduction des oxydes d'azote et d'oxydation des hydrocarbures et du monoxyde de carbone (effet du vieillissement).

25 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de réalisation et de mise en œuvre, nullement limitatifs, et des dessins annexés, sur lesquels :

-la figure 1 illustre schématiquement un mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention ;

-la figure 2 illustre schématiquement un mode de réalisation d'un catalyseur selon l'invention ;



-la figure 3 illustre schématiquement une discrétisation spatiale du catalyseur selon l'invention ;

-les figures 4 et 5 illustrent schématiquement une implémentation d'un modèle embarqué selon l'invention ; et

5 -la figure 6 est une table des variables et constantes utilisées dans une estimation par modèle selon l'invention.

Sur la figure 1, qui représente un schéma du moteur et du système de post-traitement associé, la référence VH désigne un véhicule incorporant le moteur ainsi que la ligne d'échappement  
10 LECH.

Sur cette ligne d'échappement est disposé un piège catalytique à oxydes d'azote, référencé ici NOxTRAP.

Le moteur est associé ici à un turbocompresseur TCM et l'ensemble moteur comporte par ailleurs de façon classique un  
15 échangeur de suralimentation ECSA, une vanne V1 associée à un échangeur, un capteur CPT1 pour la pression de suralimentation, des volets d'air VL. Par ailleurs, une première sonde S1 comportant un débitmètre ainsi qu'une sonde de température, est disposée en amont du compresseur, tandis qu'une deuxième sonde S2 ou estimateur de  
20 température est disposée en amont du piège NOxTRAP.

L'ensemble est piloté par un calculateur électronique MCL, recevant notamment une information RM de régime moteur, et incorporant les moyens de traitement selon l'invention.

Comme illustré sur la figure 2, le piège à oxydes d'azote  
25 NOxTRAP est un monolithe percé de canaux carrés ouverts à leurs deux extrémités afin de permettre le passage des gaz d'échappement.

Ce support est aussi désigné par le terme « substrat » dans la suite du texte. Les canaux sont couverts par une structure poreuse appelée « washcoat » qui présente une grande surface de contact avec

les gaz. Sur ce washcoat, sont disposés des métaux précieux (ex. : platine, rhodium) et des métaux alcalins (ex. : césium) ou alcalino-terreux (ex. : baryum) qui présentent des propriétés catalytiques d'adsorption.

5           Au traitement des oxydes d'azote, vient se rajouter une fonction de post-traitement par oxydation du monoxyde de carbone CO et des hydrocarbures imbrûlés HC.

10           En excès d'air, les oxydes d'azote émis sont oxydés sous l'action catalytique du platine qui est l'un des métaux précieux formant la phase catalytique, puis fixés sur des sites actifs d'oxyde de baryum sous forme de nitrate de baryum.

La phase catalytique permet également d'oxyder les hydrocarbures imbrûlés et les monoxydes de carbone.

15           En présence de réducteurs (mélange riche), les oxydes d'azote sont libérés des sites de baryum et réduits sous l'action catalytique du rhodium qui est l'un des autres métaux précieux formant la phase catalytique.

Pour obtenir la forte concentration de réducteurs nécessaire, il faut faire fonctionner le moteur en mélange riche.

20           L'efficacité de stockage en oxydes d'azote du piège est fonction de plusieurs paramètres essentiels, comme la quantité de NOx stockés NS et la capacité de piégeage NSC du catalyseur.

25           La capacité de piégeage du catalyseur, en gramme par litre du catalyseur, représente la quantité admissible pour obtenir une efficacité de stockage cumulée prédéfinie. Cette capacité est fonction de la température du substrat mais également de la quantité d'oxydes d'azote arrivant sur le piège ainsi que du débit des gaz.

L'efficacité de stockage du piège est aussi très dépendante de l'empoisonnement des sites actifs piégeant les oxydes d'azote par le soufre contenu dans les gaz d'échappement.

5 En effet, les oxydes de soufre entrant en compétition avec les oxydes d'azote, viennent se fixer sur les sites actifs d'oxyde de baryum. Ces oxydes de soufre ne sont pas réduits ou désorbés lors des phases de régénération des oxydes d'azote. Pour purger le piège de ces oxydes de soufre, il faut effectuer une régénération spécifique en présence de réducteur (milieu riche) et forte thermique.

10 A partir de la connaissance de la quantité d'oxydes d'azote émis par le moteur et de l'efficacité de stockage du catalyseur qui est identifiée comme une relation  $NSC=f(T)$ , on déduit le remplissage du piège en oxydes d'azote.

15 Le catalyseur NOxTRAP se caractérise aussi par sa capacité à stocker de l'oxygène. Une partie des réducteurs envoyés lors de la phase de régénération réagit avec l'oxygène piégé. Cette fraction de réducteur ne participe pas à la purge des oxydes d'azote du piège, ce qui influe directement sur l'efficacité de la régénération.

20 La capacité à stocker de l'oxygène est aussi fonction de la température du piège et de son vieillissement thermique.

L'efficacité de régénération en oxydes d'azote du piège est fonction de plusieurs paramètres essentiels, tels que la capacité à stocker de l'oxygène et la température du substrat.

25 Les réactions entrant en jeu lors des régénérations du piège sont fortement exothermiques. Elles augmentent fortement la dynamique et les niveaux thermiques du piège et doivent être contrôlées.

Il est particulièrement avantageux de connaître l'exothermicité produite par ces réactions, ce qui permet de mieux appréhender

l'efficacité de traitement des oxydes d'azote ainsi que le vieillissement du piège.

En ce qui concerne le vieillissement thermique du piège, il se traduit par une diminution irréversible de la surface spécifique d'échange accessible aux gaz. Le vieillissement thermique impacte donc le matériau adsorbant et la phase active en réduction, modifiant ainsi sa capacité à stocker de l'oxygène et des NOx ainsi que sa capacité à réduire ces NOx lors des phases de purge.

L'invention vise à résoudre le problème de l'estimation et du contrôle de la thermique au sein du catalyseur, ces paramètres influant directement sur les efficacités de stockage et de régénération du piège, sur les quantités associées d'azote stockées ou réduites, et sur le vieillissement thermique du substrat et de sa phase catalytique.

De plus, la forte capacité calorifique du substrat induit de forts gradients thermiques au sein du piège, d'où la nécessité de connaître la ou les températures les plus pertinentes pour l'estimation des efficacités de stockage et de réduction, des quantités d'oxydes d'azote associées, et pour la protection du piège et l'estimation de son vieillissement thermique.

L'invention propose donc de modéliser le catalyseur par un nombre réduit de réacteurs parfaitement agités mis en série.

Un réacteur parfaitement agité RPAi, tel que représenté sur la figure 3, se caractérise par le fait que toutes les variables mises en jeu dans ce réacteur sont uniformes (température, concentration, ...). Ainsi, la valeur prise en sortie d'un réacteur parfaitement agité RPAi par une variable, est égale à la valeur de cette variable au sein même du réacteur parfaitement agité RPAi.

A titre indicatif, pour un piège NOxTRAP, selon l'invention, dont le volume total peut être environ de 2 à 3 litres, on pourra utiliser

trois à six réacteurs  $RPA_i$ , ayant par exemple chacun un volume égal au volume total divisé par le nombre de réacteurs.

Ainsi, après avoir découpé le catalyseur en  $n$  éléments ou réacteur  $RPA_i$ , on calcule, pour chaque élément  $i$  les enthalpies de réaction et on estime les vitesses des réactions chimiques.

On résout le système d'équation différentielle constitué des bilans massiques pour les composés gazeux et pour le substrat.

On propage ensuite de proche en proche dans le sens de l'écoulement des gaz, de sorte que le résultat obtenu à la sortie de l'élément  $i$  devient une variable d'entrée de l'élément  $i+1$ .

Sous forme de schéma-bloc, l'implémentation du modèle MM selon l'invention prend la forme illustrée schématiquement sur la figure 4.

Par ailleurs, le schéma-bloc de la figure 5 représente sous forme de module, la succession des calculs réalisée au sein de chaque réacteur.

Sur la figure 4 et la figure 5, la variable  $T_{gs}$  désigne la température des gaz en sortie d'un réacteur, tandis que  $T_g$  désigne la température de ces gaz à l'entrée du réacteur.

Sur ces schémas, et dans la suite du texte, la signification des variables et paramètres utilisés est fournie par la table de la figure 6.

Par ailleurs, sur les schémas des figures 4 et 5, la pression des gaz au sein du catalyseur n'apparaît pas comme une entrée. Elle pourrait néanmoins figurer comme une variable d'entrée du modèle dans le cas où l'on souhaiterait prendre en compte la contre-pression effective dans la ligne d'échappement (filtre à particules, ...).

On va maintenant décrire plus en détail les hypothèses et calculs effectués par les moyens de calcul incorporés au sein du

calculateur MCL et permettant d'estimer l'état thermique du catalyseur.

Les hypothèses générales suivantes sont faites :

5 . les transferts de chaleur par conduction et par rayonnement sont négligés,

. la composition molaire des gaz d'échappement est la suivante :

$[N_2] = 70\%$ ,  $[CO_2] = 10\%$ ,  $[H_2O] = 10\%$ , somme des autres composants = 10%.

10 Le corollaire de cette composition est que la masse molaire du gaz d'échappement vaut 29 g/mole.

. la pression est égale à la pression dans la ligne (pression atmosphérique ou contre-pression échappement due à un filtre à particules).

15 . les gaz suivent la loi des gaz parfaits.

### Calculs préliminaires et initialisations

Ces calculs et initialisations sont effectués une seule fois par les moyens de traitement et avant l'intégration des équations différentielles. Ils peuvent être effectués à l'initialisation du

20 calculateur.

### a) Paramètres liés au monolithe

25 Longueur du monolithe (m)

$$L_{mono} = \frac{V_{mono}}{S_{mono}} \quad : \quad \text{longueur du monolithe (m)}$$

$$dL_{mono} = \frac{L_{mono}}{N_{\text{éléments\_catalyseur}}} : \text{élément de longueur du monolithe (m)}$$

Porosité du monolithe (fraction de vide)

$$\varepsilon_v = 1 - \frac{\rho_{mono}}{\rho_{cord}}$$

5 Longueur du côté d'un canal du monolithe (m)

$$L_{canal} = \sqrt{\frac{\varepsilon_v}{D_{canaux}}}$$

Elément de volume du monolithe (m<sup>3</sup>)

$$dV_{mono} = \frac{V_{mono}}{N_{\text{éléments\_catalyseur}}}$$

Elément de surface du monolithe (m<sup>2</sup>)

10  $dS_{mono} = 4 L_{canal} D_{canaux} dV_{mono}$

Elément de surface d'échange externe (m<sup>2</sup>)

$$dS_{ext} = \frac{2 L_{mono} \sqrt{S_{mono} \pi}}{N_{\text{éléments\_catalyseur}}}$$

15 **b) Initialisations des variables**

Il faut initialiser les variables de températures à la mise sous tension du calculateur. On peut par défaut fixer cette valeur ou utiliser la valeur de la température d'eau du moteur ou de la température extérieure ou encore de la température des gaz en amont du piège afin de minimiser l'erreur d'estimation après la mise sous tension.

20

Après ces calculs préliminaires et l'initialisation, on effectue des calculs principaux qui sont maintenant détaillés.

Pour chaque réacteur, on effectue les bilans et calculs suivants. Les calculs constituent des étapes intermédiaires et dépendent des variables résolues avec les équations différentielles (bilans énergétiques).

#### Notations :

. La grandeur  $x(i,t)$  désigne la valeur de la grandeur  $x$  à l'instant dans le  $i^{\text{ème}}$  RPA.

. Pour  $i=0$ , la température  $T_g(0,t)$  correspond à la température des gaz en amont du piège.

#### (1) Bilans énergétiques

##### Equation pour la température du substrat du catalyseur

$$(1-\varepsilon_v)\rho_{\text{cord}}Cp_{\text{cord}}\frac{dT_s}{dt}dV=H_{\text{ext}}(T_{\text{ext}}-T_s)dS_{\text{ext}}+H_{\text{cord}}(T_g-T_s)dS_{\text{mono}}-\text{EXOTHERME}$$

Le terme EXOTHERME qui correspond à un terme source dû à la prise en compte de la chimie de conversion des composés gazeux, sera explicité plus bas.

##### Equation pour la température des gaz

$$\varepsilon_v\rho_gCp_g\frac{dT_g}{dt}dV=\rho_gV_fCp_g\frac{dT_g}{dz}dV-H_{\text{cord}}(T_g-T_s)dS_{\text{mono}}$$



## (2) Calculs des paramètres physiques des gaz

Masse volumique des gaz d'échappement (kg/m<sup>3</sup>)

$$\rho_g(i,t) = \frac{P_{tot}(t) M_{gaz}}{R_{gp} T_g(i,t)}$$

5

Capacité calorifique du gaz d'échappement (J/K/kg) :

CP<sub>g</sub>(i,t) peut être défini par interpolation linéaire à partir de la température et de la pression des gaz.

10 A la pression atmosphérique, on peut écrire la relation suivante :

$$Cp_g(i,t) = 1000 + 1,510^{-1}(T_{g\_celsius}(i,t)) + 2,210^{-4}(T_{g\_celsius}(i,t))^2 - 10^{-7}(T_{g\_celsius}(i,t))^3 - 210^{-10}(T_{g\_celsius}(i,t))^4$$

15 Viscosité dynamique des gaz d'échappement (kg/m/s)

$\mu_g(i,t)$  peut être défini par interpolation linéaire à partir de la température et de la pression des gaz.

20 A la pression atmosphérique, on peut écrire la relation suivante :

$$\mu_g(i,t) = 10^{-6} [-0,3 + 0,0805437 T_g(i,t) - 6,9523810^{-5} (T_g(i,t))^2 + 3,6111110^{-8} (T_g(i,t))^3]$$

25 Conductibilité thermique des gaz d'échappement (W/m/K)

$\lambda(i,t)$  peut être défini par interpolation linéaire à partir de la température et de la pression des gaz.

A la pression atmosphérique, on peut écrire la relation suivante :

$$\lambda(i,t)=2,053 \cdot 10^{-3} (T_g(i,t))^{0,5547} - 1,996 \cdot 10^{-2}$$

5

### (3) Calculs des paramètres physiques du substrat

Capacité calorifique du substrat (cordiérite) (J/K/kg) :

10 Cpcord(i,t) peut être défini par interpolation linéaire à partir de la température et de la pression des gaz.

A la pression atmosphérique, on peut écrire la relation suivante :

15

$$Cp_{cord}(i,t)=353,8+1,952T_s(i,t)-1,51 \cdot 10^{-3} T_s^2(i,t)+4,863610^{-7} T_s^3(i,t)$$

### (4) Calcul du coefficient d'échange convectif gaz-solide

20

Vitesse linéaire des gaz dans le catalyseur (m/s)

$$V_f(i,t)=\frac{10^{-3} Q_g(t)}{\varepsilon_v S_{mono} \rho_g(i,t)}$$

25

Nombre de Reynolds

$$R_e(i,t) = \frac{\rho_g(i,t) V_f(i,t) L_{canal}}{\mu_g(i,t)}$$

5 Nombre de Prandtl

$$P_r(i,t) = \frac{\mu_g(i,t) C_{p_g}(i,t)}{\lambda_g(i,t)}$$

Coefficient de transfert gaz/solide à la température  $T_g$  (J/K/s/m<sup>2</sup>)

10

$$h_{cord}^l(i,t) = \frac{0,687 \sqrt{\pi} (R_e(i,t))^{0,69} (P_r(i,t))^{1/3} \lambda_g(i,t)}{2 L_{canal}}$$

15 Cette formule est uniquement valable pour un écoulement laminaire, ce qui est toujours le cas au sein d'un piège à NOx (section des canaux très petite).

#### (5) Calcul du coefficient d'échange convectif solide-conditions extérieures

20

On définit le coefficient d'échange convectif entre le catalyseur et l'air ambiant autour de celui-ci par une table d'interpolation fonction de la vitesse du véhicule.

Suivant la position du catalyseur NOxTRAP dans la ligne d'échappement, on peut annuler ou rendre constant ce coefficient. On néglige alors l'influence de la vitesse du véhicule sur l'échange convectif vers l'extérieur et on peut alors se passer de cette vitesse  
5 comme paramètre d'entrée du modèle.

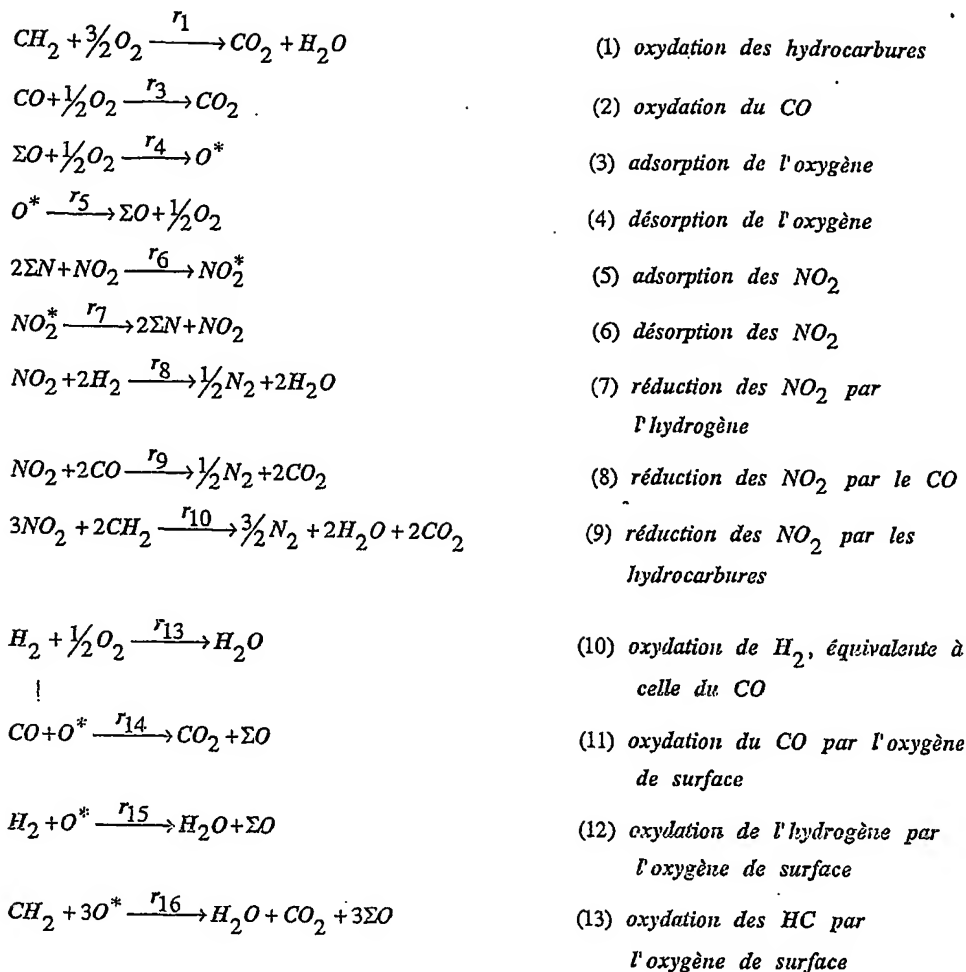
Il est également possible de prendre en compte dans le modèle les dégagements de chaleur dus aux réactions chimiques et à la conversion des constituants gazeux.

Pour prendre en compte l'exothermicité générée par les  
10 réactions de conversion (réduction/oxydation) des substances gazeuses sur la phase catalytique, on peut modéliser macroscopiquement les dégagements d'énergie à partir du calcul des vitesses de création ou de disparition des espèces chimiques, des enthalpies de ces réactions et de la connaissance, ou de l'estimation, des concentrations molaires de  
15 ces substances à l'entrée du catalyseur.

On va maintenant décrire les grandes lignes d'une solution permettant de prendre en compte cette exothermicité.

Cette solution se base sur le schéma réactionnel suivant du comportement du catalyseur NOxTRAP :

20



En utilisant ce schéma réactionnel, on a fait les hypothèses suivantes :

- 5 . le schéma réactionnel utilisé, à 13 cinétiques, est volontairement simplifié,
- . les réactions interviennent suivant la phase de fonctionnement considérée du piège :
- 10 (1), (2), (3), (4), (5), (6), (10) en phase d'adsorption ou stockage des  $NO_x$ ,

(3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (11), (12), (13) en phase de régénération, ou purge

(4), (6) en phases d'adsorption et de régénération.

5 . On considère qu'il y a 100% de NO<sub>2</sub> en amont ou au sein du catalyseur pour simplifier le schéma réactionnel.

10 Pour calculer les concentrations ou teneur molaire en entrée du catalyseur, on convertit, pour chaque substance, les quantités massiques estimées en sortie moteur en concentration volumique ou teneur molaire. Le débit massique intervient dans la formule de conversion pour convertir des quantités massiques. Pour passer de teneur molaire en concentration volumique, la pression et la température des gaz sont également requises. L'estimation des quantités gazeuses est une entrée du modèle de température. Ces quantités gazeuses peuvent être obtenues par exemple en utilisant des tables d'interpolation (en régime, débit).

15 Au sein du catalyseur, on peut résoudre les équations différentielles constituées du bilan massique pour toutes les espèces réactives au sein de chaque réacteur parfaitement agité. Cette méthode requiert néanmoins une charge importante de calcul pour le micro-contrôleur MCL.

20 Une autre solution consiste à établir dans une phase de calibration, une répartition des concentrations ou teneur molaire des substances polluées en entrée du piège dans les différents réacteurs. Le calcul des vitesses de création/disparition des espèces réactives s'effectue de la manière suivante :

25 Pour chaque réaction élémentaire (i) :  $x\text{A} + y\text{B} \rightarrow z\text{C}$ ,

La vitesse de création/disparition est définie par la relation :

$$r_i = k_i \exp\left(\frac{-E_{a_i}}{RT}\right) [A]^x [B]^y$$

Hypothèses :

- . Les réactions sont élémentaires
- . Les termes  $[X]$  représentent les concentrations molaires ou pressions partielles des espèces X (espèces gazeuses ou sites actifs) suivant que l'on prenne en compte l'influence de la pression sur les vitesses de création/disparition.

Les enthalpies de réaction s'écrivent de cette façon (l'indice j correspond au numéro de la réaction) :

$$\Delta H_j(i,t) = f(T)$$

On définit ici par EXOTHERME, le terme représentant l'apport de chaleur dû aux réactions de réduction/oxydation des espèces contenues dans les gaz sur la phase catalytique du monolithe. Il correspond à la somme des produits des vitesses de création/disparition par les enthalpies de ces réactions :

$$\text{EXOTHERME} = \left[ \sum_j r_j \Delta H_j \right] dV$$

- . On peut limiter le calcul de ce terme en ne prenant en compte que les réactions présentant une exothermicité prépondérante. On ne précise pas ici le choix de ces réactions.

- . Le terme EXOTHERME s'annule dans le cas où l'on ne souhaite pas prendre en compte les apports de chaleur dus aux réactions chimiques.

## REVENDICATIONS

1-Procédé d'estimation par modèle physique embarqué de l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne, comportant  
5 une modélisation du piège catalytique par une chaîne de réacteurs parfaitement agités (RPAi) connectés en série, et, pour un réacteur courant de la chaîne, un calcul de la température du substrat ( $T_s$ ) du piège catalytique ainsi que de la température des gaz ( $T_g$ ) au sein et à la sortie de ce réacteur, à partir au moins de la température des gaz et  
10 du débit massique des gaz en amont du réacteur.

2-Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le nombre de réacteurs est inférieur à 10, par exemple supérieur ou égal à 3 et inférieur ou égal à 6.

3-Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait  
15 qu'on simule à l'intérieur de chaque réacteur les échanges thermiques par convection en prenant en compte l'inertie thermique du réacteur.

4-Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait qu'on prend également en compte les échanges de chaleur par convection avec l'air ambiant autour du piège catalytique à partir de la  
20 connaissance de la vitesse du véhicule incorporant le moteur et de la température de l'air extérieur ou de l'air sous le capot moteur.

5-Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on prend également en compte l'influence de la variation de la pression des gaz au sein de la ligne d'échappement.

25 6-Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on prend en compte l'exothermicité due aux réactions de conversion des composés gazeux sur la phase catalytique, à partir de la connaissance des concentrations des substances gazeuses en cause.



7-Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que pour le réacteur courant, on calcule les enthalpies de réaction, on estime les vitesses des réactions chimiques, on résout le système d'équations différentielles constitué des bilans  
5 massiques et thermiques pour les gaz et pour le substrat, de façon à obtenir la température des gaz en sortie du réacteur, cette température de sortie devenant une variable d'entrée pour le réacteur suivant de la chaîne.

8-Dispositif d'estimation par modèle physique embarqué de  
10 l'état thermique d'un piège catalytique à oxydes d'azote implanté dans la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne d'un véhicule, comportant une chaîne de réacteurs parfaitement agités (RPAi) connectés en série modélisant le piège catalytique (NOxTRAP), et, des moyens de traitement (MCL) embarqués sur le  
15 véhicule et aptes pour un réacteur courant de la chaîne, à calculer la température du substrat du piège catalytique ainsi que la température des gaz au sein et à la sortie de ce réacteur, à partir au moins de la température des gaz et du débit massique des gaz en amont du réacteur.

20 9-Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le nombre de réacteurs est inférieur à 10, par exemple supérieur ou égal à 3 et inférieur ou égal à 6.

10-Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé par le fait que les moyens de traitement (MCL) sont aptes à simuler à  
25 l'intérieur de chaque réacteur les échanges thermiques par convection en prenant en compte l'inertie thermique du réacteur.

11-Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que les moyens de traitement (MCL) sont également aptes à prendre en compte les échanges de chaleur par convection avec l'air ambiant  
30 autour du piège catalytique à partir de la connaissance de la vitesse du

véhicule incorporant le moteur et de la température de l'air extérieur ou de l'air sous le capot moteur.

5 12-Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, caractérisé par le fait que les moyens de traitement sont également aptes à prendre en compte l'influence de la variation de la pression des gaz au sein de la ligne d'échappement.

10 13-Dispositif selon l'une des revendications 8 à 12, caractérisé par le fait que les moyens de traitement sont également aptes à prendre en compte l'exothermicité due aux réactions de conversion des composés gazeux sur la phase catalytique, à partir de la connaissance des concentrations des substances gazeuses en cause.

15 14-Dispositif selon l'une des revendications 8 à 13, caractérisé par le fait que les moyens de traitement sont aptes, pour le réacteur courant, à calculer les enthalpies de réaction, à estimer les vitesses des réactions chimiques, à résoudre le système d'équations différentielles constitué des bilans massiques et thermiques pour les gaz et pour le substrat, de façon à obtenir la température des gaz en sortie du réacteur, cette température de sortie devenant une variable d'entrée pour le réacteur suivant de la chaîne.

20 15-Dispositif selon l'une des revendications 8 à 14, caractérisé par le fait qu'il comporte un calculateur embarqué (MCL) incorporant les moyens de traitement.

16-Utilisation du dispositif selon l'une des revendications 8 à 15, pour estimer l'efficacité de stockage et de régénération du piège.

25 17-Utilisation du dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 15, pour estimer la dégradation des performances de réduction des oxydes d'azote et d'oxydation des hydrocarbures et du monoxyde de carbone.

1/5

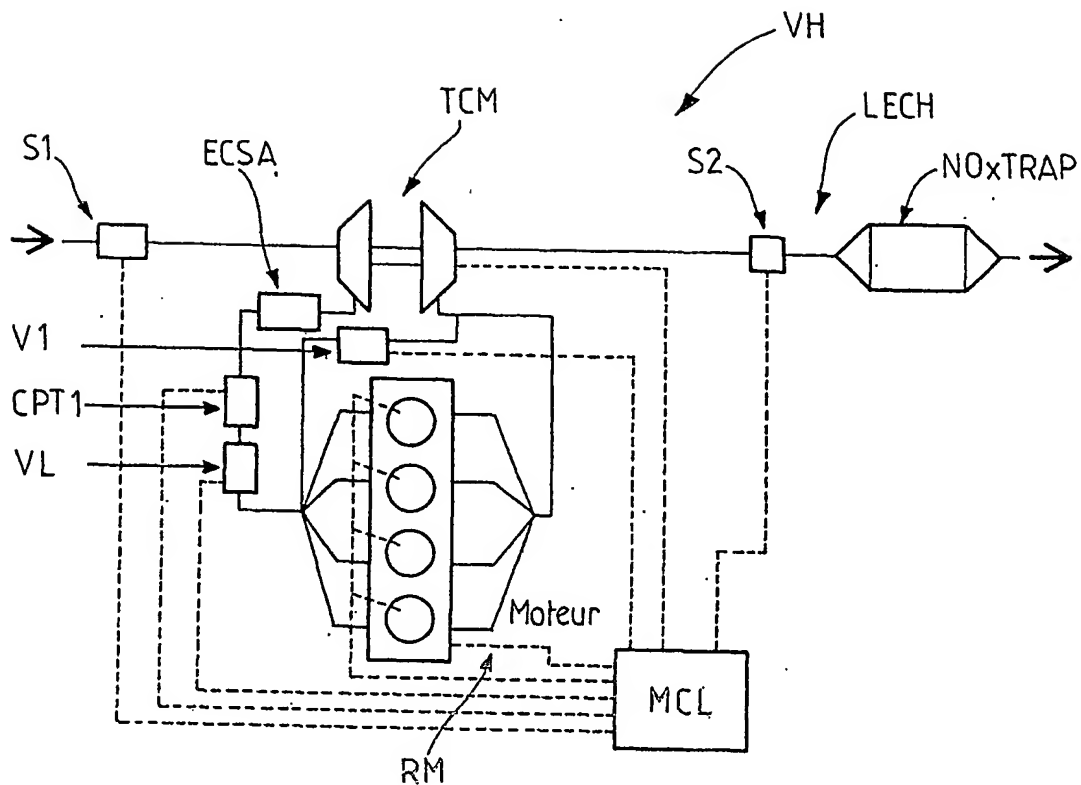


FIG. 1

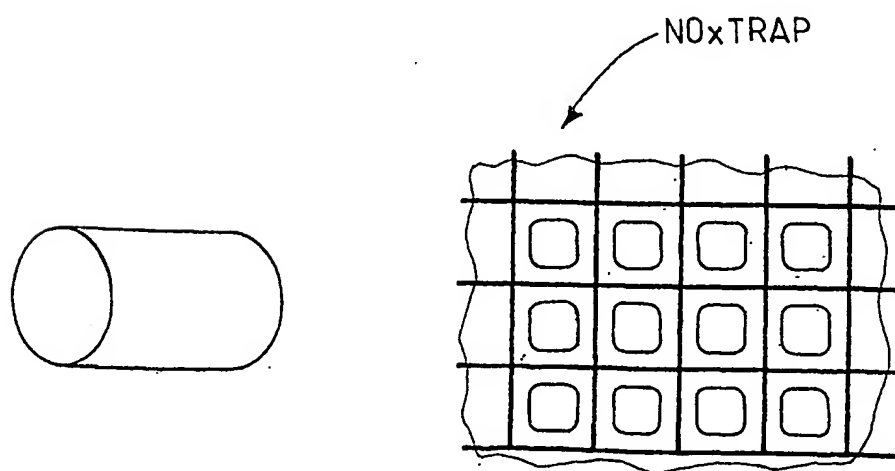
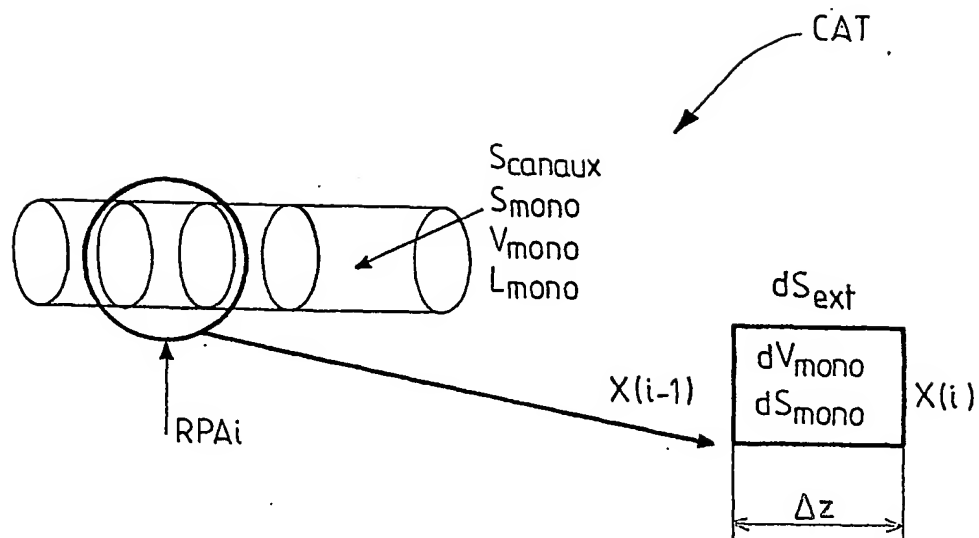


FIG. 2

2/5

FIG. 3

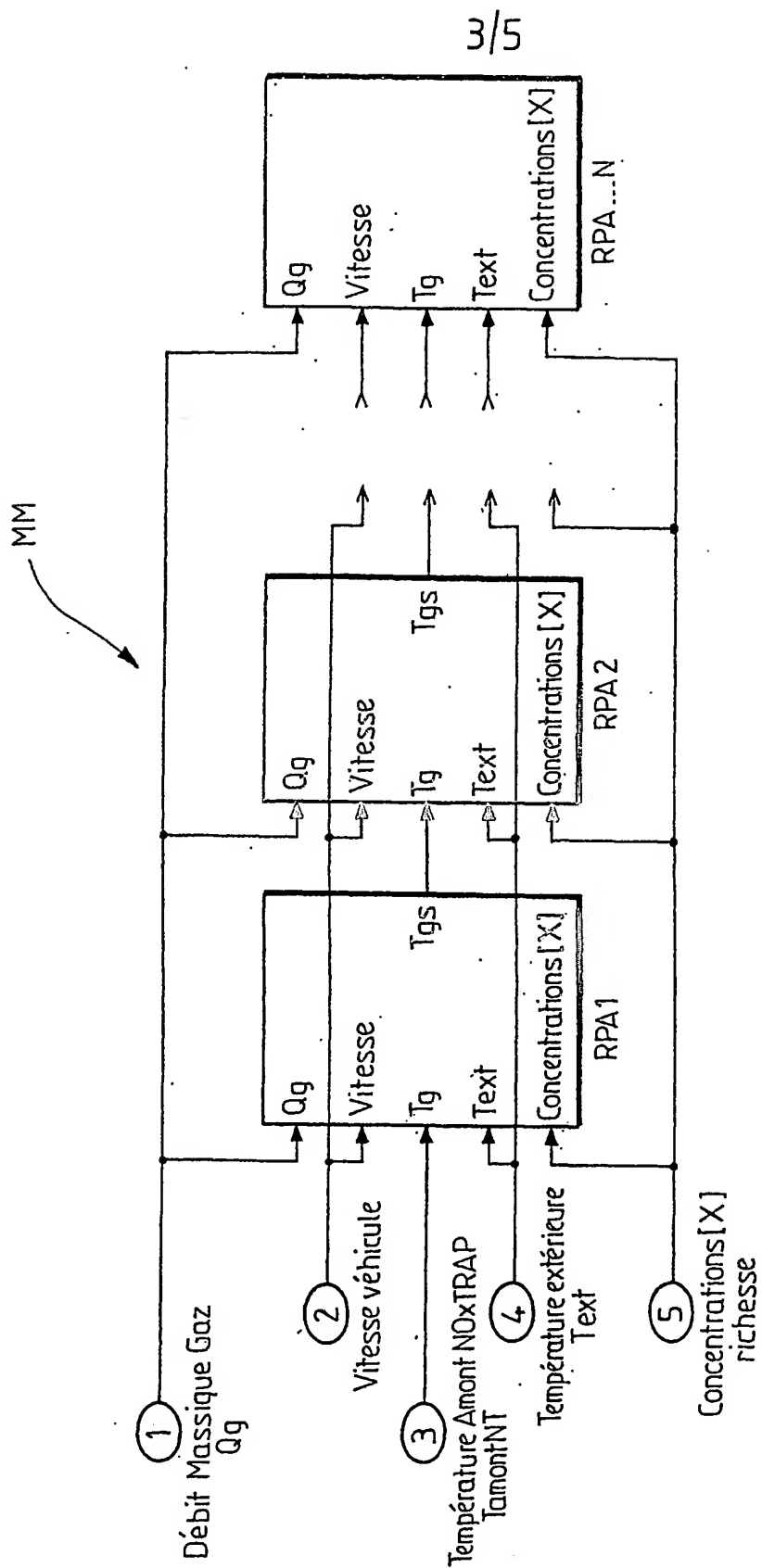


FIG.4

4/5

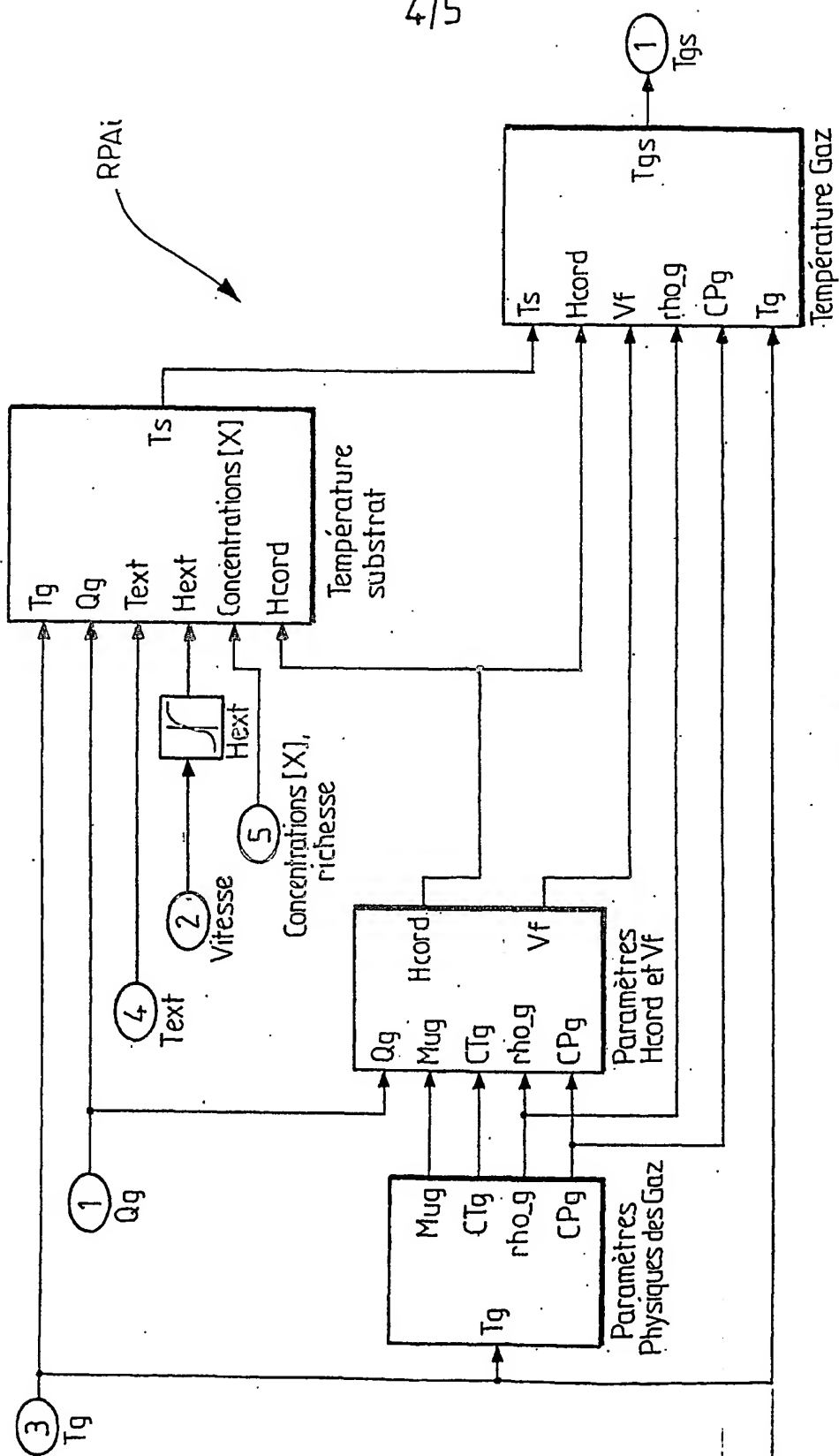


FIG. 5

5/5

Symbole	Nom	Unité	Signification	Nature
[X]	[X]		Concentrations (ou teneurs molaires) des substances contenues dans les gaz en entrée du catalyseur	variables
$C_{\text{cord}}$	CPcord	J/kg/K	chaleur spécifique apparente de la cordiérite	Table
$C_{\text{g}}$	CPg	J/kg/K	chaleur spécifique des gaz d'échappement	Table
$\lambda_{\text{g}}$	CTg	W/m/K	conductibilité thermique des gaz d'échappement dans un élément de catalyseur	Table
$D_{\text{canaux}}$	Dcanaux	1/m <sup>3</sup>	nombre de canaux par unité de surface de monolithe	constante
$\Delta H_j$	Delta_Hj	J/mole/	enthalpie de la réaction j	Tables
$dL_{\text{mono}}$	dLmono	m	élément de longueur du monolithe	constante
$dS_{\text{ext}}$	dSext	m <sup>2</sup>	élément de surface d'échange extérieur	constante
$dS_{\text{mono}}$	dSmono	m <sup>2</sup>	élément de surface de monolithe	constante
$dV_{\text{mono}}$	dVmono	m <sup>3</sup>	élément de volume de monolithe	constante
$E_{\text{aj}}$	Baj	J/mole	Energie d'activation liée à la réaction j	constante
$e_{\text{cord}}$	epcord	m	épaisseur des parois de cordiérite	constante
$\epsilon_v$	Epsv		fraction de vide	constante
$h_{\text{cord}}$	Hcord	J/m <sup>2</sup> /K/s	coefficient de transfert gaz / solide	variable
$h_{\text{ext}}$	Hext	J/s/K/m <sup>2</sup>	coefficient d'échange extérieur	Table
$L_{\text{canal}}$	Lcanal	m	longueur du côté d'un canal	constante
$L_{\text{mono}}$	Lmono	m	longueur du monolithe	constante
$M_{\text{gaz}}$	Mgaz	g	Masse molaire des gaz d'échappement	constante
$\mu_{\text{g}}$	Mug	kg/m/s	viscosité dynamique des gaz d'échappement dans un élément de catalyseur	Table
$N_{\text{éléments\_actual}}$	Nr		nombre d'éléments de discrétisation spatiale	constante
$Pr$	Pr		nombre de Prandtl	variable
$P_{\text{tot}}$	Ptot	Pa	pression totale des gaz d'échappement	variable
$Q_{\text{g}}$	Qg	g/s		
$Re$	Re		nombre de Reynolds	variable
$R_{\text{cp}}$	Rgp		Constante des gaz parfaits	constante
$\rho_{\text{cord}}$	rho_cord	kg/m <sup>3</sup>	masse volumique apparente de la cordiérite	constante
$\rho_{\text{g}}$	rho_g	kg/m <sup>3</sup>	masse volumique des gaz d'échappement dans un élément de catalyseur	Table
$\rho_{\text{mono}}$	rho_mono	kg/m <sup>3</sup>	masse volumique apparente du monolithe	constante
$\tau_j$	tj	mole/m <sup>3</sup> /s	vitesse de la réaction chimique j	variable
$S_{\text{mono}}$	Smono	cm <sup>2</sup>	surface de la section du monolithe	constante
$T_{\text{amontNT}}$	TamontNT	K	Température des gaz en amont du catalyseur	variable
$T_{\text{ext}}$	Text	K	Température extérieure	variable
$T_{\text{g}}$	Tg_celsius	° Celsius	Température des gaz	variable
$T_{\text{s}}$	Ts	Kelvin	Température du substrat	variable
$V_f$	Vf	m/s	vitesse linéaire des gaz dans le catalyseur	variable
Vitesse	vitesse	km/h	Vitesse du véhicule	variable
$V_{\text{mono}}$	Vmono	l	volume du monolithe	constante

FIG.6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000908

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F01N11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 36 942 A (VOLKSWAGENWERK AG) 8 May 2002 (2002-05-08)  page 4, line 35 - page 5, line 69; figures -----	1,2,6,8, 9,13, 15-17
A	DE 101 25 759 A (VOLKSWAGENWERK AG) 21 November 2002 (2002-11-21) paragraph '0022! - paragraph '0024!; figures -----	1,8,17
A	US 2002/053198 A1 (TAKANOHASHI TOSHIKATSU) 9 May 2002 (2002-05-09) abstract; figures -----	1,8,17
A	DE 100 55 528 A (AVL LIST GMBH) 31 May 2001 (2001-05-31) page 2, line 57 - page 3, line 21; figures ----- -/--	1,8,17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*B\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 September 2004

Date of mailing of the international search report

05/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sideris, M



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000908

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"MODELING AND CONTROL OF A NOX TRAP CATALYST. 2000-01-1199" SAE TECHNICAL PAPER SERIES, SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, WARRENDALE, PA, US, no. 2000-1-1199, 6 March 2000 (2000-03-06), pages 1-12, XP002228601 ISSN: 0148-7191 -----	
A	DE 43 19 924 A (EMITEC EMISSIONSTECHNIK) 22 December 1994 (1994-12-22) -----	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/000908

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10036942	A	08-05-2002	DE 10036942 A1	08-05-2002
DE 10125759	A	21-11-2002	DE 10125759 A1	21-11-2002
			FR 2824872 A1	22-11-2002
US 2002053198	A1	09-05-2002	JP 2001050037 A	23-02-2001
			DE 10027347 A1	10-05-2001
DE 10055528	A	31-05-2001	AT 3749 U1	25-07-2000
			DE 10055528 A1	31-05-2001
DE 4319924	A	22-12-1994	DE 4319924 A1	22-12-1994
			DE 59307823 D1	22-01-1998
			WO 9404800 A1	03-03-1994
			EP 0655104 A1	31-05-1995
			ES 2112525 T3	01-04-1998
			JP 2851433 B2	27-01-1999
			JP 7509551 T	19-10-1995
			KR 268751 B1	16-10-2000
			US 5610844 A	11-03-1997
			US 5751602 A	12-05-1998

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/000908

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 7 F01N11/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 F01N		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 100 36 942 A (VOLKSWAGENWERK AG) 8 mai 2002 (2002-05-08)  page 4, ligne 35 - page 5, ligne 69; figures	1,2,6,8, 9,13, 15-17
A	DE 101 25 759 A (VOLKSWAGENWERK AG) 21 novembre 2002 (2002-11-21) alinéa '0022! - alinéa '0024!; figures	1,8,17
A	US 2002/053198 A1 (TAKANOHASHI TOSHIKATSU) 9 mai 2002 (2002-05-09) abrégé; figures	1,8,17
A	DE 100 55 528 A (AVL LIST GMBH) 31 mai 2001 (2001-05-31) page 2, ligne 57 - page 3, ligne 21; figures	1,8,17
-/--		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">28 septembre 2004</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">05/10/2004</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Sideris, M</div>

Formulaire PCT/SA/210 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000908

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	"MODELING AND CONTROL OF A NOX TRAP CATALYST. 2000-01-1199" SAE TECHNICAL PAPER SERIES, SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, WARRENDALE, PA, US, no. 2000-1-1199, 6 mars 2000 (2000-03-06), pages 1-12, XP002228601 ISSN: 0148-7191	
A	DE 43 19 924 A (EMITEC EMISSIONSTECHNIK) 22 décembre 1994 (1994-12-22)	

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (Janvier 2004)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000908

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10036942	A	08-05-2002	DE 10036942 A1	08-05-2002
DE 10125759	A	21-11-2002	DE 10125759 A1	21-11-2002
			FR 2824872 A1	22-11-2002
US 2002053198	A1	09-05-2002	JP 2001050037 A	23-02-2001
			DE 10027347 A1	10-05-2001
DE 10055528	A	31-05-2001	AT 3749 U1	25-07-2000
			DE 10055528 A1	31-05-2001
DE 4319924	A	22-12-1994	DE 4319924 A1	22-12-1994
			DE 59307823 D1	22-01-1998
			WO 9404800 A1	03-03-1994
			EP 0655104 A1	31-05-1995
			ES 2112525 T3	01-04-1998
			JP 2851433 B2	27-01-1999
			JP 7509551 T	19-10-1995
			KR 268751 B1	16-10-2000
			US 5610844 A	11-03-1997
			US 5751602 A	12-05-1998